

ANALISA PEMANFAATAN EXCESS COKE OVEN GAS SEBAGAI BAHAN BAKAR GAS HEATER DI IRON MAKING

Edi Suderajat

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Abstrak -- Analisa pemanfaatan excess Coke Oven Gas Sebagai Bahan Bakar Gas Heater dilakukan untuk Memanfaatkan excess COG dari coke oven plant yang berjumlah 11.722 NCMH untuk dipakai sebagai bahan bakar di gas heater dan juga untuk meningkatkan ketersediaan gas bakar akibat makin menurunnya pasokan dan semakin mahalnya gas alam. Dari hasil perhitungan Coke oven gas (COG) memiliki nilai kalor yang relatif tinggi, yaitu sekitar 4,373.56 kCal/Nm³ atau kira-kira setengah nilai kalor gas alam yang mencapai 8600 kCal/Nm³. Apabila digunakan sebagai bahan bakar di gas heater akan berdampak Heat Duty kecil, Namun hal ini bisa diantisipasi dengan menambah flow dari COG yang akan masuk ke gas heater, apabila COG digunakan sebagai bahan bakar maka dapat menggantikan hampir separuh dari kebutuhan gas alam untuk volume yang sama.

Kata kunci: Analisa, Coke Oven Gas, Nilai Kalor, Temperatur

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan sumber energi, harga, dan kestabilan suplai energi merupakan isu utama bagi industri baja untuk dapat menjamin kelangsungan bisnis. Gas alam adalah sumber energi utama yang digunakan pada industri baja yang berbasis gas (*gas based steel industry*). Harga gas alam terus meningkat secara signifikan, tetapi di sisi lain gas alam telah menjadi alternatif sumber energi yang paling banyak digunakan pada saat tingginya harga minyak bumi, sehingga hal ini berakibat terbatasnya suplai gas alam ke industri baja.

Perusahaan baja berbasis gas yang sedang bertransformasi menjadi perusahaan berbasis batubara melalui *blast furnace complex* dengan tetap mempertahankan fasilitas *iron making existing* yang berbasis gas. Perusahaan akan memiliki keuntungan dari operasi kedua teknologi ini secara bersamaan dimana *excess coke oven gas* dari *coke oven plant* dapat dimanfaatkan di *Direct reduction plant* tidak hanya sebagai bahan bakar tetapi juga sebagai gas proses karena kemiripan komposisi kimia *coke oven gas* dengan *reformed gas* atau gas reduktor.

COG yang dihasilkan coke oven plant berjumlah 27.800 NCMH dan dipakai untuk keperluan internal BF Complex sebesar 16.078 NCMH sehingga ada eksekse sebesar 11.722 NCMH.

Berdasarkan analisis *excess coke oven gas* berpotensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai gas proses meliputi gas reduksi dan gas cooling, dan juga sebagai bahan bakar di beberapa bagian dari fasilitas produksi

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan tugas akhir ini berada di PTKS di kota Cilegon provinsi Banten. PTKS merupakan pabrik baja yang terintegrasi dari mulai hilir sampai hulu.

Salah satu pabrik hulu dari PTKS adalah Coke Oven Plant.

Waktu pembuatan tugas akhir ini disusun dan akan digunakan sebagai panduan penulis dalam penyelesaian rancangan tugas akhir, dan jadwal penelitian adalah sebagai berikut:

Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Maret 2015	April 2015	Mei 2015	Juni 2015	July 2015
1	Studi Literatur	■	■			
2	Pengumpulan data		■			
3	Analisa dan perhitungan			■	■	■
4	Pemeriksaan Hasil Analisa					■

Dalam pembuatan tugas akhir ini berikut tahapan pelaksanaan penelitian pemanfaatan COG:

A. Studi Literatur

Tahap awal perancangan ini didasari dengan teori-teori yang telah ada, dengan studi literatur penulis mendapat referensi analisa pemanfaatan COG. Dalam studi literatur referensi didapat dari beberapa buku dan situs internet seperti yang tercatat dalam daftar pustak tugas akhir ini.

B. Pengumpulan Data

Tahap ini didasarkan pada kondisi parameter proses di PT Krakatau Steel, beberapa parameter tersebut adalah temperature serta nilai kalor Coke Oven Gas (COG) Parameter tersebut disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Parameter ini didapat dari dokumen *basic engineering coke oven plant*.

C. Analisa

Setelah didapat data berupa nilai kalor dan temperature dari COG berdasarkan referensi dari PT Krakatau Steel maka disimulasikan dengan

menggunakan Microsoft excel dan hysis guna menentukan hasil apakah COG mampu digunakan sebagai bahan bakar di gas heater berdasarkan nilai kalor dan temperaturnya dikomparasikan dengan data Natural Gas yang sebelumnya sudah dipakai sebagai bahan bakar di gas heater

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian Nilai kalor.

Tabel 4.1 Total Caloric Value Natural gas + LHV

Composition	LHV	PERTAMINA	
	(kcal/NCM)	%	LHV
N ₂	0	4.03%	0.00
CO ₂	0	9.85%	0.00
CH ₄	8,555.33	79.78%	6,825.44
C ₂ H ₆	15,225.35	3.27%	497.87
C ₃ H ₈	21,795.61	2.00%	435.91
i C ₄ H ₁₀	28,374.64	0.39%	110.66
n C ₄ H ₁₀	28,374.64	0.42%	119.17
i C ₅ H ₁₂	34,890.69	0.16%	55.83
n C ₅ H ₁₂	34,890.69	0.10%	34.89
Total			8,079.77

Tabel 4.2 komposisi keluaran COG 1

Composition	COG
	%
N ₂	3.50%
CO ₂	4.50%
CH ₄	25.00%
C ₂ H ₆	3.00%
H ₂	52.50%
O ₂	3.00%
CO	8.25%

Tabel 4.3 komposisi keluaran COG 2

Composition	COG
	%
N ₂	4.50%
CO ₂	5.50%
CH ₄	25.00%
C ₂ H ₆	3.50%
H ₂	54.00%
O ₂	2.50%
CO	9.25%

Tabel 4.4 komposisi keluaran COG 3

Composition	COG
	%
N ₂	4.00%
CO ₂	5.00%
CH ₄	26.50%
C ₂ H ₆	4.00%
H ₂	55.50%
O ₂	3.50%
CO	9.50%

Tabel 4.5 Komposisi rata – rata keluaran COG

Composition	COG
	%
N ₂	4.00%
CO ₂	5.00%
CH ₄	25.5%
C ₂ H ₆	3.50%
H ₂	54.00%
O ₂	3.00%
CO	9.00%

B. Perhitungan LHV dari kandungan Coke Oven Gas

Untuk menghitung nilai LHV dari masing-masing kandungan yang ada di dalam COG dapat dipakai rumus:

$$\text{LHV} = \text{LHV (kcal/NCM)} \times \% (\text{COG})$$

$$\text{LHV (N}_2\text{)} = 0 \text{ kcal/NCM} \times 4.00 \% = 0 \text{ kcal/NCM}$$

$$\text{LHV (CO}_2\text{)} = 0 \text{ kcal/NCM} \times 5.00 \% = 0 \text{ kcal/NCM}$$

$$\text{LHV (CH}_4\text{)} = 8,555.33 \text{ kcal/NCM} \times 25.5\% = 2,181.61 \text{ kcal/NCM}$$

$$\text{LHV (C}_2\text{H}_6\text{)} = 15,225.35 \text{ kcal/NCM} \times 3.50\% = 532.89 \text{ kcal/NCM}$$

$$\text{LHV (H}_2\text{)} = 2,570 \text{ kcal/NCM} \times 54.00 \% = 1,387.80 \text{ kcal/NCM}$$

$$\text{LHV (O}_2\text{)} = 0 \text{ kcal/NCM} \times 3 \% = 0 \text{ kcal/NCM}$$

$$\text{LHV (CO)} = 3,014.00 \text{ kcal/NCM} \times 9.00\% = 271.26 \text{ kcal/NCM}$$

Total LHV

$$= 0+0+2,181.61+532.89+1,387.80+0+271.26$$

$$= 4,373.56 \text{ kcal/NCM}$$

Tabel 4.6 Total Caloric Value Coke Oven Gas

Composition	LHV	COG	
	(kcal/NCM)	%	LHV
N ₂	0	4.00%	0
CO ₂	0	5.00%	0
CH ₄	8,555.33	25.50%	2,181.61
C ₂ H ₆	15,225.35	3.50%	532.89
H ₂	2,570	54.00%	1,387.80
O ₂	0	3.00%	0.00

CO	3,014.00	9.00%	271.26
Total			4,373.56

C. Hasil perhitungan nilai kalor

Dari hasil perhitungan didapat bahwa nilai kalor dari COG sekitar 4,373.56 Kcal/NMH atau sekitar setengah dari nilai kalor NG 8,079.77, maka dampak yang ditimbulkan jika COG digunakan sebagai bahan bakar di gas heater adalah Heat duty kecil.

D. Menghitung temperature dari masing – masing komposisi COG

a. CH₄

Untuk menghitung mula – mula dapat menggunakan rumus:

$$M = \% \text{CH}_4 \times \text{flow COG} / 22,4$$

$$= 25,5 \times 4943000 : 22,4 = 5.622.056 \text{ mol}$$

$$Q_1 = n_{\text{CH}_4} \int_{T_{1a}}^{250^\circ\text{C}} CP_{\text{CH}_4} x dT$$

$$= 5.622.056 \int_{30^\circ\text{K}}^{298^\circ\text{K}} -1028629.292 x dT$$

$$= 5.622.056 \int_{30^\circ\text{K}}^{298^\circ\text{K}} 3.5654E + 06$$

$$= 2.004E+13$$

$$Q_2 = n_{\text{O}_2} \int_{T_{1a}}^{250^\circ\text{C}} CP_{\text{O}_2} x dT + n_{\text{N}_2} \int_{T_{1a}}^{250^\circ\text{C}} CP_{\text{N}_2} x dT$$

$$= 2248822.4 \int_{30^\circ\text{K}}^{298^\circ\text{K}} 351796.82 x dT + 50733433.34 \int_{30^\circ\text{K}}^{298^\circ\text{K}} 351796.82 x dT$$

$$= 2248822.4 \int_{30^\circ\text{K}}^{298^\circ\text{K}} -5.1423E + 05 + 50733433.34 \int_{30^\circ\text{K}}^{298^\circ\text{K}} -4.2029E + 03$$

$$= -1.1564E+12 + -2.1323E+13$$

$$= -2.2479E+13$$

$$Q_3 = \text{Reaksi CH}_4 \times \Delta H = 5622056 \times 312753.4$$

$$= 1.75832E+12$$

	CH ₄	+	2O ₂	↔	CO ₂	+	2H ₂ O
Mula-mula	5622056		13492934.4				
Reaksi	5622056		11244112		5622056		11244112
Sisa			2248822.4		5622056		22488224

$$Q_4 (\text{O}_2) = n \text{ sisa} + \int_{298^\circ\text{K}}^T CP x dT$$

$$= n [A (T-298) + B/2 (T^2 - 298^2) + C/3 (T^3 - 298^3) + D/4 (T^4 - 298^4)]$$

$$= 2248822.4 [1.7543E+05 (T-298) + -6.1523E+03/2 (T^2 - 298^2) + 1.1392E + 03/3 (T^3 - 298^3) + -9.2382E+01/4 (T^4 - 298^4)$$

$$= 2248822.4 [(1.7543E+05 - 5.2278E+07) - 3.0762E+03T^2 + 2.7317E+08) + (3.7973E+02 T^3 - 1.0049E+10) - 2.3096E+01 T^4 + 1.8213E+09)$$

$$= 2248822.4 (-7.9022E+9 + 1.7543E+05T -3.0762E+03T^2+3.7973E+02T^3-2.3096E-01T^4$$

$$= 4.340 E+17 + (-66.9178E+09 + 8.54E+08 T - 5.1938E+05 T)^2 T^2$$

$$Q_4 (\text{CO}_2) = n \text{ sisa} + \int_{298^\circ\text{K}}^T CP x dT$$

$$= n [A (T-298) + B/2 (T^2 - 298^2) + C/3 (T^3 - 298^3) + D/4 (T^4 - 298^4)]$$

$$= 5622056 [-8.3043E+05 (T- 298) + 1.0437E+05/2 (T^2 - 298^2) - 4.3333 E+02/3 (T^3 - 298^3) + 6.0052E-01/4 (T^4 - 298^4)$$

$$= 5622056[-8.3043E+06T + 2.474E+02) + (5.2185 E+04T^2 + 4.6342E+09) +(-1.444E+02 T^3+3.8224 E+09) +(1.5013E+01T^4 + 1.1839E+09)$$

$$= -4.6393 E+13 + (8.1204 E+08T + 8.4403E+07T^2) T^2$$

$$Q_4 (\text{H}_2\text{O}) = n \text{ sisa} + \int_{298^\circ\text{K}}^T CP x dT$$

$$= n [A (T-298) + B/2 (T^2 - 298^2) + C/3 (T^3 - 298^3) + D/4 (T^4 - 298^4)]$$

$$= 22488224 [0,0336 (T-298) + 0,2679/2 (T^2 - 298^2) + 2,6105/3 (T^3 - 298^3) + 0,0890/4 (T^4 - 298^4)$$

$$= 22488224 [0,0336 T - 1,0012 E+01) + (0,1339 T^2 + 1,189E+04) + (0,8701 T^3 + 2,3027 E+07) + (0,02225 T^4 + 1,7546 E+08)$$

$$= 3,8048 E+07 + (1,9567 E+07 T + 5,0036E+05 T^2) T^2$$

b. C₂H₆

	C ₂ H ₆	+	7/2 O ₂	↔	2CO ₂	+	3H ₂ O
Mula mula	772343.75		3243843.75				
Reaksi	772343.75		2703203.125		1544687.5		3089375
Sisa			540640.625		1544687.5		3089375

Untuk menghitung mula – mula dapat menggunakan rumus:

$$M = \% \text{C}_2\text{H}_6 \times \text{flow COG} / 22,4$$

$$= 3,5 \times 4943000 / 22,4$$

$$= 772343.75 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= n_{C_2H_6} \int_{T_{1a}}^{250^\circ C} C_P C_2H_6 \, x \, dT \\ &= 772343.75 \int_{300K}^{298K} -1028650.991 \, x \, dT \\ &= 772343.75 \int_{300K}^{298K} 3.5654E + 06 \\ &= 2.7537E+12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= n_{O_2} \int_{T_{1a}}^{250^\circ C} C_P O_2 \, x \, dT + \\ &\quad n_{N_2} \int_{T_{1a}}^{250^\circ C} C_P N_2 \, x \, dT \\ &= 3243843.75 \int_{300K}^{298K} 351796.82 \, x \, dT \\ &\quad + 7941824 \int_{300K}^{298K} 351796.82 \, x \, dT \\ &= 3243843.75 \int_{300K}^{298K} -5.1423E + 05 \\ &= 7941824 \int_{300K}^{298K} -4.2029E + 03 \\ &= -1.6681E+12 + -3.3379E+12 \\ &= -5.0060E+12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= \text{Reaksi } C_2H_6 \times \Delta H \\ &= 772343.75 \times 312460.4 \\ &= 2.41327E+11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_4 (O_2) &= n \text{ sisa} + \int_{298K}^T C_P \, x \, dT \\ &= n [A (T-298) + B/2 (T^2 - 298^2) \\ &\quad + C/3 (T^3 - 298^3) + D/4 (T^4 - \\ &\quad 298^4)] \\ &= 540640.625 [1.7543E+05 (T-298) \\ &\quad + -6.1523E+03 / 2 (T^2 - 298^2) + \\ &\quad 1.1392E+03 / 3 (T^3 - 298^3) + \\ &\quad -9.2382E+01 (T^4 - 298^4)] \\ &= 540640.625 [(1.7543E+05 - \\ &\quad 5.2278E+07) - 3.0762E+03T^2 + \\ &\quad 2.7317 E+08) + (3.7973E+02T^3 \\ &\quad - 1.0049E+10) - 2.3096E+01T^4 \\ &\quad + 1.8213E+09)] \\ &= 540640.625 [-7.9022E+9 + \\ &\quad (1.7543E+05T - 3.0762E+03T^2 + \\ &\quad 3.7973E+ 02T^3 - 2.3096E-01T^4)] \\ &= -4.2722E+15 + 9.4845E+10 + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &(-1.6631E+09T + 2.0530E+08T^2 \\ &- 1.2487E+05T^3)T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 4.2722E+15 - 1.6631E+09 + \\ &(2.0530E+08T - 1.2487 \\ &E+05T^2)T^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_4 (CO_2) &= n \text{ sisa} + \int_{298K}^T C_P \, x \, dT \\ &= n [A (T-298) + B/2 (T^2 - 298^2) + C/3 (T^3 - \\ &\quad 298^3) + D/4 (T^4 - 298^4)] \\ &= 1544687.5 [-8.3043E+05 (T- 298) + \\ &\quad 1.0437E+05/2 (T^2-298^2) - 4.3333 E+02/3 \\ &\quad (T^3 - 298^3) + 6.0052E-01/4 (T^4 - 298^4)] \\ &= 1544687.5 [-8.3043E+06T + 2.474E+02) + \\ &\quad (5.2185E+04T^2 + 4.6342E+09) + (- \\ &\quad 1.444E+02 T^3 + 3.8224E+09)+(1.5013 \\ &\quad E+01T^4 + 1.1839E+09)] \\ &= 1544687.5 [9.6405E+09 - 8.3403E + 06 + \\ &\quad (5.2185E+04T- 1.4444 E+02T^2+1.50136 \\ &\quad E+01T^3) T] \\ &= 1.4879E+16 - 1.2883E+13 + 8.0610E+10 + (- \\ &\quad 2.2311E+08T + 2.3191E+07T^2) T^2 \\ &= 1.4866E+16 + (-2.2311E+08T + \\ &\quad 2.3191E+07T^2)T^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_4 (H_2O) &= n \text{ sisa} + \int_{298K}^T C_P \, x \, dT \\ &= n [A (T-298) + B/2 (T^2 - 298^2) + C/3 (T^3 - \\ &\quad 298^3) + D/4 (T^4 - 298^4)] \\ &= 3089375 [0,0336 (T-298) + 0,2679/2(T^2 - \\ &\quad 298^2) + 2,6105/3 (T^3 - 298^3) + 0,0890/4 (T^4 \\ &\quad - 298^4)] \\ &= 3089375 [0,0336 T - 1,0012 E+01) + (0,1339 \\ &\quad T^2+1,189E+04) + (0,8701 T^3 + 2,3027 \\ &\quad E+07) + (0,02225 T^4 + 1,7546 E+08)] \\ &= 3089375 [1.5244E+08+(0.0336T + 0.1339T^2 \\ &\quad + 0.8701T^3 + 0.02225T^4)] \\ &= 4.7094E+14 + 1.0380E+05 + 4.1367E+05 + \\ &\quad (0.8701T + 0.02225T^2)T^2 \\ &= 4.7094E+14 + (0.8701T + 0.02225T^2)T^2 \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Coke Oven Gas (COG) memiliki nilai kalor yang relatif tinggi, yaitu sekitar 4,373.56 kCal/Nm³ atau kira-kira setengah nilai kalor gas alam yang mencapai 8600 kCal/Nm³. Apabila digunakan sebagai bahan bakar di gas heater, COG mampu menggantikan NG namun dengan menambah flow COG dua kali agar temperatur bakar di gas heater tercapai dengan suhu 1253° C mampu melebihi temperatur di gas heater dengan menggunakan NG.

Dari hasil simulasi dan perhitungan bahwa nilai kalor COG lebih rendah dari nilai natural gas sehingga temperatur keluaran gas heater menjadi berkurang. Namun, hal ini bisa diatasi dengan menambah flow dari COG dua kali sehingga bisa didapat temperatur bakar di gas heater tercapai.

Namun hal ini bisa diantisipasi dengan menambah flow dari COG yang akan masuk ke gas heater, apabila COG digunakan sebagai bahan bakar maka dapat menggantikan hampir separuh dari kebutuhan gas alam untuk volume yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Diktat Sertifikasi Keahlian Bidang Operasi. 2002, Cilegon : PT Krakatau Steel.
- Suwandi, Yusuf. *Komunikasi Pribadi*. 2008, Cilegon : PT Krakatau Steel.
- Zuhan, Zulfiadi. *Metallurgy of iron and steel making*. 2009. Bandung : Institute Teknologi Bandung.
- *Perry's Chemical Engineers' Handbook*
- <http://www.engineeringtoolbox.com> diakses pada tanggal 15 April 2015
- <http://adikasin.blogspot.com/2012/09/proses-pembakaran-bahan-bakar.html>